

## 複数の振動形態を利用する圧電センサに関する研究

|      |   |
|------|---|
| 著者   | 宝田 隼  |
| 内容記述 | 筑波大学博士（工学）学位論文・平成24年3月23日<br>授与（甲第6080号）  |
| 発行年  | 2012  |
| URL  | <a href="http://hdl.handle.net/2241/117822">http://hdl.handle.net/2241/117822</a> |

【205】

|             |  |             |         |
|-------------|--|-------------|---------|
| 氏 名 (本籍)    | 宝 <sup>たから</sup> 田 <sup>だ</sup> 隼 <sup>じゅん</sup> (富 山 県) |             |         |
| 学 位 の 種 類   | 博 士 (工 学)  |             |         |
| 学 位 記 番 号   | 博 甲 第 6080 号   |             |         |
| 学位授与年月日     | 平成 24 年 3 月 23 日   |             |         |
| 学位授与の要件     | 学位規則第 4 条第 1 項該当   |             |         |
| 審 査 研 究 科   | システム情報工学研究科  |             |         |
| 学 位 論 文 題 目 | 複数の振動形態を利用する圧電センサに関する研究                                  |             |         |
| 主 査         | 筑波大学准教授  | 博士 (工学)     | 若 槻 尚 斗 |
| 副 査         | 筑波大学教授   | 工学博士        | 水 谷 孝 一 |
| 副 査         | 筑波大学教授   | Ph. D. (工学) | 堀 憲 之   |
| 副 査         | 筑波大学教授   | 工学博士        | 安 信 誠 二 |
| 副 査         | 筑波大学講師   | 博士 (工学)     | 川 村 洋 平 |
| 副 査         | 筑波大学助教   | 博士 (工学)     | 海老原 格   |

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

単一の電気-機械変換素子を用いて、ベクトルである物理量の複数要素あるいはスカラーである複数の物理量を計測できるセンサを創成している。近年、携帯電話や自動車で代表されるエレクトロニクス機器において急速に多機能・高性能・小型化が進んでいる。本論文はその需要と進化を支えるセンサ素子の多機能化を圧電素子の複数の振動形態を利用して進展させている。

第 2 章では圧電センサの基本原理解から複数の振動形態を利用して複数のパラメータを計測する原理が示されている。圧電センサにより機械振動を電気振動に変換して機械振動に関する物理量を計測するパッシブ型センサと、電気振動により機械振動を励起し、圧電体の周囲の状況により生じる機械振動の変化を捉え、周囲の状況に関する物理量を計測するアクティブ型センサに分類している。パッシブ型センサでは圧電体に配置した複数の電極から出力された電荷から入力されたベクトルで表現される振動に関する物理量の複数要素を計測できることを示している。またアクティブ型センサでは複数の機械振動を励起されたセンサと周囲の状況との相互作用により、出力される複数の電極電荷が変化することを利用してスカラーで表現される接触媒質に関する複数の物理量を計測できることを示している。

第 3 章では複数の振動形態を利用するパッシブ型センサへの適用例として単一圧電素子で弦振動によって端点にかかる三軸方向の力を計測するセンサの創成を行っている。第 2 章で示した複数の振動を利用するパッシブ型単一圧電センサの一般論を、ピラミッド型の単一圧電素子による 3 軸方向の振動計測原理に適用し、有限要素解析により動作原理の確認と感度の算出を行った。また検証実験ではチャンネル間で感度のばらつきが見られ、理論で示された定性的な形と必ずしも一致する結果とはならなかったことから、より一般性のある理論をもとに感度行列の擬似逆行列を算出し、得られた電荷から三軸方向に加わる力を算出できることを明らかにしている。

第 4 章では複数の振動形態を利用するアクティブ型センサの適用例として単一圧電素子で液体の粘度と密度を計測するセンサの創成を行っている。矩形板状の圧電素子の電極配置や駆動法を工夫することで二つの

振動形態を励起し、液体と接触するプローブの付け方を工夫することでセンサが液体との界面に対して接線及び法線方向に振動させることで、共振周波数の変化から理論的に粘度と密度を独立に算出できることを示している。有限要素解析及び実験により粘度および密度が未知である食用油を計測対象として粘度及び密度を計測した結果、市販用の粘度計及び密度計により計測した結果に比べて密度は1 % 粘度は10 % の差で計測することに成功している。市販の粘度計及び密度計の要求される正確さは粘度において1 %、密度において0.1 % 程度となっており、本実験においてその要求は満たすことが出来なかったが、単一素子の複数の振動形態を利用して複数のスカラー量である液体の粘度及び密度の計測ができるセンサを創成している。

第5章では全章における総括として第3章及び第4章で示した適用例から、一般的に第2章で示した単一素子の複数の振動形態を利用してベクトルである物理量の複数要素あるいはスカラーである物理量を複数個計測できる原理が他分野へも応用できることを述べている。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文はセンサの多機能化・小型化に向けて、圧電体の複数の振動形態を利用して多数の物理量を計測する新しい手法について検討している。圧電体の形状や電極配置・駆動法を工夫して設計することで、三軸方向の力及び液体の粘度と密度を計測するセンサを創成している。各々のセンサの感度や精度について理論・数値解析・実験の側面から定性及び定量的に評価している。特に三軸力センサでは単一素子でできたことに新規性があり評価できる。また液体の密度・粘度センサでは従来振動を用いた計測ができなかった密度が測定できたことは産業界において新たな知見をもたらし、さらにそれに付随して粘度も測定できたことは当該計測器の多機能化へ向けた進展と言え、評価に値する。

平成24年1月23日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。